

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 44 234.7

**Anmeldetag:** 23. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** Dr. Johannes Heidenhain GmbH, Traunreut/DE

**Bezeichnung:** Positionsmesseinrichtung

**IPC:** G 01 B 21/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 31. Juli 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trademark Office.

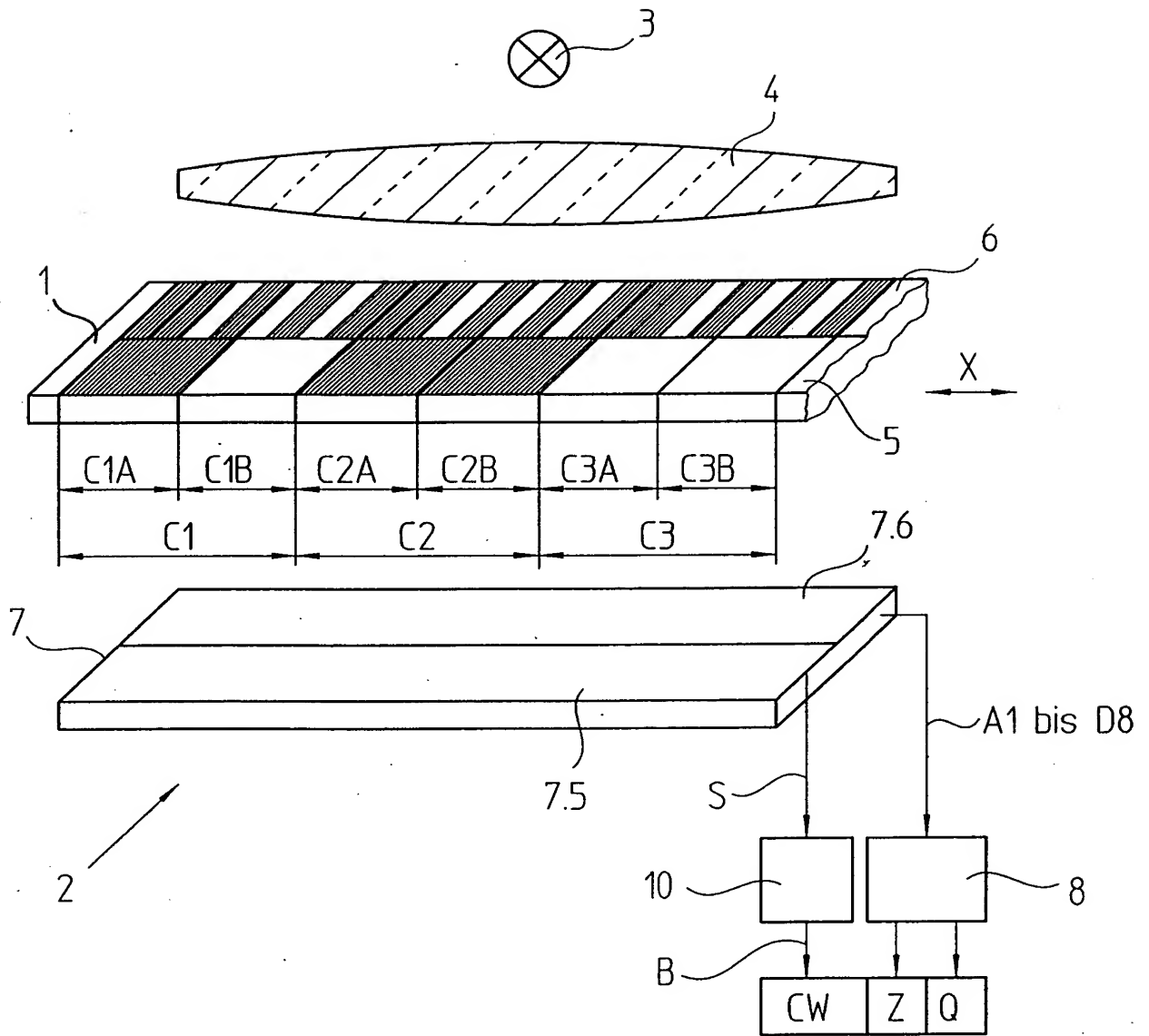
Sieck

### Zusammenfassung

#### Positionsmesseinrichtung

=====

- In eine Teilungsperiode (P1) einer Inkrementalteilung (6) ist eine Referenzmarkierung (R) integriert. Mit einer Detektoranordnung (7.6) wird die Inkrementalteilung (6) abgetastet, wodurch mehrere Abtastsignale (A1 bis D8) gewonnen werden, die einer Auswerteeinheit (8) zugeführt werden. Die
- 5 Auswerteeinheit (8) generiert aus den Abtastsignalen (A1 bis D8) eine absolute Position (Q) innerhalb einer Teilungsperiode (P1 bis P8) sowie eine weitere absolute Position (Z), welche den Ort der Referenzmarkierung (R) entlang der Detektoranordnung (7.6) absolut bestimmt (Figur 1).



## Positionsmesseinrichtung

=====

Die Erfindung betrifft eine Positionsmesseinrichtung zur Bestimmung der absoluten Position gemäß dem Anspruch 1 sowie ein Verfahren zur absoluten Positionsmessung gemäß dem Anspruch 12.

- 5 Auf vielen Gebieten werden zur Bestimmung der Position zweier zueinander bewegter Körper vermehrt absolute Positionsmesseinrichtungen eingesetzt. Absolute Positionsmesseinrichtungen haben gegenüber rein inkremental messenden Systemen den Vorteil, dass in jeder Relativlage auch nach Unterbrechung der Versorgungsenergie sofort eine korrekte Positionsinformation ausgegeben werden kann.
- 10

Die absolute Position wird dabei von einem Code verkörpert, der in mehreren parallel zueinander verlaufenden Spuren beispielsweise als Gray-Code angeordnet ist.

15

Besonders platzsparend ist die Anordnung der Positionsinformation in einer einzigen Codespur mit in Messrichtung hintereinander angeordneten Codeelementen. Die Codeelemente sind dabei in pseudozufälliger Verteilung

hintereinander angeordnet, so dass eine bestimmte Anzahl von aufeinanderfolgenden Codeelementen jeweils ein Bitmuster bildet, das die absolute Position eindeutig definiert. Bei der Verschiebung der Abtasteinrichtung um ein einziges Codeelement wird bereits ein neues Bitmuster gebildet und  
5 über den gesamten absolut zu erfassenden Messbereich steht eine Folge von unterschiedlichen Bitmustern zur Verfügung. Ein derartiger sequentieller Code wird als Kettencode oder als Pseudo-Random-Code bezeichnet.

Bei der mehrspurigen sowie der einspurigen absoluten Codierung besteht  
10 das Problem, dass einerseits ein platzsparender Aufbau und andererseits eine hohe Auflösung erreicht werden soll.

Zur Erhöhung der Auflösung bei einer sequentiellen absoluten Codierung ist die zusätzliche Anordnung von zumindest einer Inkrementalteilung üblich.  
15 Die Periode dieser Inkrementalteilung muss an die Länge eines Codeelementes, also die maximal mögliche Schrittweite bzw. Auflösung des Codes angepasst sein. Wie in der DE 41 23 722 A1 erläutert, ist die Teilungsperiode der Inkrementalteilung exakt der Schrittweite des Codes zu wählen. Zur weiteren Erhöhung der Auflösung ist eine zweite Inkrementalspur erforderlich,  
20 dessen Teilungsperiode einen Bruchteil der Teilungsperiode der ersten Inkrementalspur beträgt. Zur Erhöhung der Auflösung der absoluten Positionsmessung, also der Unterteilung der Schrittweite des Codes sind somit mehrere nebeneinander angeordnete Inkrementalspuren erforderlich.

25 Diese Anordnung hat den Nachteil, dass kein platzsparender Aufbau möglich ist, und dass die Abtastelemente der beiden Inkrementalspuren senkrecht zur Messrichtung voneinander beabstandet angeordnet sind, was zur Folge hat, dass die Anordnung gegen Verdrehungen der Abtasteinheit (Moiré-Schwankungen) empfindlich ist. Bei Verdrehungen zwischen der Ab-  
30 tasteinheit und den Inkrementalteilungen ist die erforderliche Synchronisation der von den beiden Inkrementalspuren abgeleiteten Abtastsignalen nicht mehr gewährleistet.

Aus diesem Grund wird in der EP 1 111 345 A2 vorgeschlagen, neben dem absoluten Code nur eine einzige Inkrementalteilung, die aber zwei unterschiedliche Teilungsperioden aufweist, anzuordnen. Eine Detektoranordnung ist dazu ausgelegt, um ein erstes Inkrementalsignal mit einer groben  
5 Signalperiode und ein zweites Inkrementalsignal mit einer feinen Signalperiode zu erzeugen, also Inkrementalsignale, die bei der Vorrichtung gemäß der DE 41 23 722 A1 zur Synchronisation erforderlich sind. Voraussetzung für diese Synchronisation ist eine Interpolation der Inkrementalsignale mit der groben Signalperiode, weshalb in der EP 1 111 345 A2 verschiedene  
10 Maßnahmen zur Filterung angeführt sind, um ein interpolationsfähiges Inkrementalsignal mit der groben Signalperiode aus der Inkrementalspur abzuleiten. Die Maßnahmen zur Erzeugung zweier gut interpolationsfähiger Inkrementalsignale gemäß der EP 1 111 345 A2 erfordern relativ viel Aufwand.

15 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine absolute Positionsmesseinrichtung anzugeben, die kompakt aufgebaut ist und mit der auf einfache Weise eine möglichst genaue hochauflösende absolute Positionsmessung möglich ist.

20 Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst.

Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Bestimmung einer absoluten Position anzugeben, mit dem eine möglichst genaue und hochauflösende Positionsmessung ermöglicht wird.  
25

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruches 12 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.  
30

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen näher erläutert, dabei zeigen:

	Figur 1	eine Positionsmesseinrichtung mit einer Codespur und einer Inkrementalspur in schematischer Darstellung;
5	Figur 2	die Anordnung der Detektorelemente relativ zur Codespur und zur Inkrementalspur der Positionsmesseinrichtung nach Figur 1 zur Erzeugung von Abtastsignalen;
10	Figur 3	eine Einrichtung zur Auswertung der Abtastsignale;
	Figur 4a	die Abtastung der Inkrementalspur in einer ersten Position;
15	Figur 4b	die Abtastung der Inkrementalspur in einer zweiten Position;
	Figur 4c	die Abtastung der Inkrementalspur in einer dritten Position;
20	Figur 4d	die Abtastung der Inkrementalspur in einer vierten Position;
	Figur 5	eine Zuordnungstabelle zur Auswertung der Abtastsignale der Inkrementalspur;
	Figur 6	ein Abtastbereich mit der Codespur und den der Codespur zugeordneten Abtastsignalen der Inkrementalteilung;
30	Figur 7	das Prinzip der Abtastung der Codespur;

Um die absolute Positionsmessung besonders störsicher zu machen, besteht jedes Codeelement C1, C2, C3 wiederum aus zwei gleich langen in Messrichtung X nebeneinander unmittelbar aufeinanderfolgend angeordneten Teilbereichen C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B, die zueinander komplementär ausgebildet sind. Komplementär bedeutet dabei, dass sie inverse Eigenschaften besitzen, also beim optischen Abtastprinzip transparent und nicht transparent bzw. bei Auflicht-Abtastung reflektierend bzw. nicht reflektierend sind. Ein derartiger Code wird auch als Manchestercode bezeichnet.

Die Detektoreinheit 7 besteht aus einer Detektoranordnung 7.5 mit einer in Messrichtung X angeordneten Folge von Detektorelement D1 bis D11 (in Figur 2 und Figur 7 im Detail dargestellt). Jedem Teilbereich C1A, C1B eines Codeelementes C1 ist in jeder Relativlage zumindest ein Detektorelement D1 bis D11 eindeutig zugeordnet, so dass in jeder Relativlage der Detektoreinheit 7 gegenüber der Codespur 5 ein Abtastsignal S aus jedem Teilbereich C1A, C1B gewonnen wird. Diese Abtastsignale S werden einer Auswerteeinrichtung 10 zugeführt, welche jedem Codeelement C1, C2, C3 einen digitalen Wert B=0 oder B=1 zuordnet. Beim Manchestercode 5 ist der digitale Wert B von der Abfolge der Teilbereiche C1A und C1B abhängig. Beispielsweise bedeutet die Abfolge C1A = opak und C1B = transparent den digitalen Wert B1=0 und die Abfolge C2A = transparent und C2B = opak den digitalen Wert B2=1. Eine besonders störsichere Bildung des digitalen Wertes B erfolgt durch Differenzbildung der Abtastsignale aufeinanderfolgender Teilbereiche C1A, C1B eines Codeelementes C1, die später noch im Detail erläutert wird.

Die Detektoranordnung 7.5 ist zur gleichzeitigen Abtastung mehrerer aufeinanderfolgender Codeelemente C1, C2, C3 ausgelegt. Eine Folge mehrerer digitaler Werte B1, B2, B3 ergibt ein Codewort CW, welches die absolute Position definiert. Bei einer Verschiebung der Detektoreinheit 7 gegenüber dem Maßstab 1 um die Breite bzw. Länge eines Codeelementes C1, C2, C3 wird ein neues Codewort CW erzeugt und über den absolut zu vermessenden Weg bzw. Winkel wird eine Vielzahl von unterschiedlichen Codewörtern CW gebildet.

Figur 8 die Erzeugung eines Steuersignals aus der Inkrementalspur zur Abtastung der Codespur;

Figur 9a eine erste Abtastposition zur Abtastung der Codespur;

Figur 9b eine zweite Abtastposition zur Abtastung der Codespur;

Figur 9c eine dritte Abtastposition zur Abtastung der Codespur und

Figur 9d eine vierte Abtastposition zur Abtastung der Codespur.

In Figur 1 ist eine erfindungsgemäß ausgestaltete Positionsmesseinrichtung als Längenmesseinrichtung dargestellt. Diese Positionsmesseinrichtung arbeitet nach dem optischen Abtastprinzip, bei dem ein Maßstab 1 von einer Abtasteinrichtung 2, die in Messrichtung X relativ zum Maßstab 1 bewegbar angeordnet ist, abgetastet wird.

Der prinzipielle Aufbau entspricht einer üblichen Positionsmesseinrichtung, wie beispielsweise in der DE 41 23 722 A1 dargestellt. Die Abtasteinrichtung 2 enthält eine Lichtquelle 3, deren Licht über eine Kollimatorlinse 4 mehrere Spuren 5 und 6 beleuchtet. Das Licht wird von den Spuren 5, 6 positionsabhängig moduliert, so dass hinter den Spuren 5, 6 eine positionsabhängige Lichtverteilung entsteht, die von der Detektoreinheit 7 der Abtasteinrichtung 2 erfasst wird.

Die Spur 5 ist im dargestellten Beispiel ein sequentieller Code, der aus einer in Messrichtung X hintereinander angeordneten Folge von gleich langen Codeelementen C1, C2, C3 besteht. Die Länge eines Codeelementes C1, C2, C3 entspricht der Schrittweite, in der eine absolute Position eindeutig bestimmbar ist.



Zur Erhöhung der Auflösung, also zur weiteren Unterteilung einer Schrittweite der absoluten Positionsmessung ist parallel neben der Codespur 5 eine Inkrementalteilung 6 angeordnet. Die Länge einer Teilungsperiode P ist ein Bruchteil der Länge eines Codeelementes C1, C2, C3.

5

Figur 2 zeigt einen Ausschnitt der Positionsmesseinrichtung gemäß Figur 1 in schematischer Darstellung. Durch diese Darstellung wird die Zuordnung der Spuren 5, 6 zueinander sowie zu den Detektoranordnungen 7.5 und 7.6 verdeutlicht.

10

Die Inkrementalteilung 6 wird in bekannter Weise abgetastet, indem einer Teilungsperiode P im gegenseitigen Abstand von  $\frac{1}{4}$  der Teilungsperiode jeweils ein Detektorelement A, B, C, D zugeordnet ist. Die Detektorelemente A, B, C, D erzeugen vier um  $90^\circ$  gegeneinander phasenverschobene interpolationsfähige sinusförmige Analogsignal A1 bis D8. Parallel zum Codeelement C2 sind acht Teilungsperioden P1 bis P8 angeordnet. In jeder Teilungsperiode P1 bis P8 befindet sich die Detektorelementenanordnung A, B, C, D. Gleichphasige Detektorelemente A, B, C, D aller Teilungsperioden P1 bis P8 werden aufaddiert, so dass ein  $0^\circ$ -Signal PA, ein  $90^\circ$ -Signal PB, ein  $180^\circ$ -Signal PC und ein  $270^\circ$ -Signal PD erzeugt wird. Diese vier um  $90^\circ$  gegeneinander phasenverschobenen analogen Abtastsignale PA, PB, PC, PD werden in einer Interpolationseinheit 9 in bekannter Weise unterteilt, wodurch eine weitere absolute Positionsinformation Q gewonnen wird, die eine Länge einer Teilungsperiode P in kleine Messschritte unterteilt. Nun besteht noch das Problem, dass der Interpolationswert Q nur einen Bruchteil der Länge eines Codeelementes C2, also den Bruchteil eines Messbereichs eindeutig absolut auflöst. Zur eindeutigen Kombination der Positionswerte CW und Q zu einem gemeinsamen absoluten Positionsmesswert ist somit eine weitere Positionsbestimmung erforderlich.

30

Die Erfindung geht nun von der Erkenntnis aus, dass es hierzu ausreicht, die Verlagerung einer der Perioden P1 bis P8 über die Länge eines Codeelementes C2 - also der Schrittweite der absoluten Positionsmessung - zu beobachten. Hierzu ist innerhalb einer der Teilungsperioden P1 bis P8 eine

Referenzmarkierung R angeordnet. Die Detektoranordnung 7.6 erfasst die Bewegung dieser Referenzmarkierung R über die Länge eines Codeelementes C2.

- 5 Die Referenzmarkierung R ist eine partielle Unterbrechung der Periodizität der Inkrementalteilung 6. Diese Unterbrechung ist im Beispiel eine Schwärzung eines an sich transparenten Ortes innerhalb der Teilungsperiode P1. Die übergeordnete Periodizität der Folge der Teilungsperioden P1 bis P8 wird durch diese partielle Unterbrechung nicht gestört.

10

Die Detektion der Verlagerung der Referenzmarkierung R innerhalb der Detektoranordnung 7.6 über eine Länge eines Codeelementes C2 erfolgt durch Auswertung der analogen Abtastsignale der Detektorelemente A bis D innerhalb P1 bis P8. Diese Abtastsignale der ersten Vierergruppe A bis D werden A1 bis D1, die der zweiten nachfolgenden Vierergruppe A bis D werden A2 bis D2 und die der achten Vierergruppe A bis D innerhalb der Länge eines Codeelementes C2 werden A8 bis D8 bezeichnet.

15

- Die Referenzmarkierung R stört den kontinuierlichen periodischen Verlauf der Abtastsignale A1 bis D8 an einem einzigen Ort innerhalb einer Länge des Codeelementes C2 und in einer in Figur 3 dargestellten Auswerteeinheit 20 wird der Ort dieser Störung festgestellt. Es wird detektiert, in welcher Vierergruppe 1 bis 8 der Detektorelemente A, B, C, D sich die Störung befindet, das heißt es wird einer der acht Detektorbereiche 1 bis 8 eindeutig festgelegt. Diese Detektion bestimmt also einen absoluten Positionswert Z mit einer mittleren Auflösung derart, dass die Kombination von CW und Z sowie Q eine eindeutige Absolutposition ergibt.

20

25

- Mit der erfindungsgemäß ausgestalteten Positionsmesseinrichtung ist somit ein grober absoluter Positionswert CW mit einer ersten Schrittweite bestimmbar. Diese Schrittweite wird weiter absolut durch Abtastung der Inkrementalspur 6 aufgelöst. Die Abtastsignale A1 bis D8 werden in der Auswerteeinheit 8 (Figur 1) derart verarbeitet, dass ein mittlerer Absolutwert Z mit einer zweiten Schrittweite ermittelt wird sowie ein feiner Absolutwert Q mit

30

einer dritten Schrittweite, welche die zweite Schrittweite wiederum absolut feiner auflöst.

Anhand der Figuren 3 bis 5 wird eine Möglichkeit zur Bestimmung des Positionswertes Z weiter erläutert. Da die Referenzmarkierung R eine Schwärzung ist, werden positionsabhängig Abtastsignale A1 bis D8 innerhalb einer einzigen Gruppe 1 bis 8 durch Absinken der Amplitude beeinflusst. Um diese Detektorgruppe 1 bis 8 aufzufinden ist eine Bestimmungsschaltung 20 vorgesehen. Diese Bestimmungsschaltung 20 enthält einen ersten Baustein 20.1, dem gleichphasige Abtastsignale A1 bis A8 der acht Gruppen 1 bis 8 zugeführt sind. Der Baustein 20.1 bestimmt das Abtastsignal aus A1 bis A8, welches die minimale Amplitude aufweist. In gleicher Weise werden in weiteren Bausteinen 20.2, 20.3 und 20.4 die minimalen Abtastsignale aus B1 bis B8, C1 bis C8 und D1 bis D8 bestimmt.

15

Um diese Bestimmung in jeder Position innerhalb einer Teilungsperiode P1 mit großer Sicherheit zu ermöglichen, ist folgende Maßnahme besonders vorteilhaft.

20 Es ist bekannt, dass innerhalb einer Teilungsperiode P1 nur partiell eine Veränderung R der Periodizität eingebracht ist. Es ist nun eine Steuereinheit 30 vorgesehen, die gewährleistet, dass innerhalb einer Teilungsperiode P1 bis P8 immer die gleichphasigen Abtastsignale der Gruppen 1 bis 8 miteinander verglichen werden, bei denen auf jeden Fall die Signalstörung in Form der maximalen Amplitudenabsenkung enthalten ist. Zur Erläuterung dieses Sachverhaltes sind in Figur 4a bis 4d vier verschiedene Positionen POS1 bis POS4 der Detektoranordnung 7.6 gegenüber der Inkrementalteilung 6 dargestellt. In der ersten Position POS1 steht das Detektorelement A und B der Referenzmarkierung R gegenüber, so dass innerhalb der gleichphasigen Abtastsignale A1 bis A8 sowie der gleichphasigen Abtastsignale B1 bis B8 ein einziges der Abtastsignale gegenüber den weiteren sieben Abtastsignalen den größten Amplitudenunterschied aufweist. Zur Ermittlung der Position Z wird in der Position POS1 somit der Baustein 20.1 verwendet. In Figur 5 ist dargestellt, welche Detektorelemente A, B, C, D bzw. Abtastsignale in wel-

30

cher Position POS1 bis POS4 verwendet werden. Da innerhalb jeder Position POS1 bis POS4 zwei Detektorelemente A, B, C, D bzw. Abtastsignale verwendet werden können, ist in diesem Beispiel auch eine redundante Information erzeugbar. Die Positionen POS1 bis POS4 innerhalb einer Teilungsperiode P1 bis P8 sind durch den Interpolationswert Q eindeutig bestimmt.

Zur besseren Erläuterung des Prinzips der Erfindung erstrecken sich die Detektoranordnungen 7.5, 7.6 in Figur 2 nur über die Länge eines Codeelementes C2. Zur Bildung des Codewortes CW müssen mehrere Codeelemente C1, C2, C3 gleichzeitig abgetastet werden, so dass sich die Detektoranordnung 7.5 in der Praxis über mehrere Codeelemente C1, C2, C3 erstreckt. Dieser Raum kann nun auch vorteilhaft zur Abtastung der Inkrementalteilung 6 genutzt werden, indem sich die Anordnung der acht Detektorgruppen 1 bis 8 in Messrichtung X mehrfach wiederholt. Indem gleichphasige Abtastsignale der Gruppen 1 bis 8 der mehreren Anordnungen aufsummiert werden, ist die Signalerzeugung gegen partielle Verschmutzungen relativ unempfindlich. Auch die Abtastung der Referenzmarkierung R wird sehr verschmutzungsunempfindlich, da diese über den gesamten Abtastbereich mehrfach abgetastet wird und daher die Verschmutzung einer Referenzmarkierung R noch zu keinem Signalausfall führt.

In Figur 6 ist das Prinzip dieser Mehrfachabtastung dargestellt. Innerhalb der Länge des Abtastfeldes 7 wird die Referenzmarkierung R vier mal abgetastet. Die Länge des Abtastfeldes 7 ist dabei vier mal dem Abstand der Referenzmarkierung R gewählt, um in jeder Position gleich viele Referenzmarkierungen R abzutasten. In Figur 6 ist eines der analogen Abtastsignale A dargestellt.

Nachfolgend wird eine vorteilhafte Anordnung und Auswertung des Codes 5 näher erläutert.

Figur 7 zeigt eine Momentanstellung des Codes 5 relativ zur Abtasteinrichtung 2. Die Detektorelemente D1 bis D11 sind aufeinanderfolgend in einem

Abstand mit der halben Breite eines Teilbereiches C1A bis C3B des Codes 5  
angeordnet. Dadurch ist sichergestellt, dass in jeder Position zumindest ein  
Detektorelement D1 bis D11 einem Teilbereich C1A bis C3B eindeutig zu-  
geordnet ist und nicht einen Übergang zwischen zwei Teilbereichen C1A bis  
5 C3B abtastet. In der dargestellten Position wird der Teilbereich C1A vom  
Detektorelement D1 und der Teilbereich C1B vom Detektorelement D3 ab-  
getastet. Die Detektorelemente D1, D3 erfassen die Lichtverteilung und er-  
zeugen in Abhängigkeit der Lichtintensität ein analoges Abtastsignal S1A,  
S1B proportional zur Lichtintensität. Da die beiden Teilbereiche C1A und  
10 C1B komplementär zueinander ausgebildet sind, ist auch die Intensität der  
Abtastsignale S1A und S1B invers zueinander, die Signalpegel sind also  
weit voneinander beabstandet.

Dieser Signalabstand wird nun zur Erzeugung der binären Information B1  
15 ausgenutzt, indem geprüft wird, welches der beiden Abtastsignale S1A, S1B  
des Codeelementes C1 größer ist. Diese Prüfung kann durch Quotientenbil-  
dung oder durch Differenzbildung erfolgen. Am Beispiel wird die Differenz-  
bildung eingesetzt, wozu gemäß Figur 7 als Vergleichseinrichtung ein Trig-  
gerbaustein T1 dient. Der Triggerbaustein T1 erzeugt  $B1=0$ , wenn S1A klei-  
20 ner S1B und  $B1=1$ , wenn S1A größer S1B ist. In gleicher Weise werden bi-  
näre Informationen B2 und B3 durch Abtastung der Codeelemente C2, C3  
und Vergleich der analogen Abtastsignale S2A, S2B; S3A, S3B der Teilbe-  
reiche C2A, C2B; C3A, C3B jeweils eines Codeelementes C2, C3 durch  
Triggerbausteine T2, T3 gewonnen.

25  
Einer ersten Abfolge der komplementär zueinander ausgebildeten Teilberei-  
chen C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B wird also ein erster digitaler Wert und  
einer zweiten Abfolge der komplementär zueinander ausgebildeten Teilbe-  
reichen C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B wird ein zweiter digitaler Wert zu-  
30 geordnet. Im Beispiel wird der Abfolge opak  $\rightarrow$  transparent der Wert 0 und  
der Abfolge transparent  $\rightarrow$  opak der Wert 1 zugeordnet.

Da die beiden Teilbereiche C1A, C2A, C3A und C1B, C2B, C3B jedes Co-  
deelementes C1, C2, C3 zueinander komplementär sind, ist der Störabstand

der Abtastsignale  $S$  sehr groß. Eine Veränderung der Lichtintensität der Lichtquelle 3 beeinflusst die Abtastsignale  $S$  beider Teilbereiche  $C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B$  gleichermaßen.

- 5 Aufgrund der komplementären Ausgestaltung jeweils zweier Teilbereiche  $C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B$  eines Codeelementes  $C1, C2, C3$  müssen bei korrekter Betriebsweise der Positionsmesseinrichtung durch Abtastung dieser Teilbereiche  $C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B$  jeweils analoge Abtastsignale  $S$  erzeugt werden, deren Differenz einen vorgegebenen Wert übersteigt. Durch Beobachtung dieses Differenzwertes ist eine gute Fehlerprüfung möglich. Die Grundlage dieser Fehlerprüfung ist, dass davon ausgegangen werden kann, dass bei Unterschreiten des Differenzwertes um einen vorgegebenen Betrag die binäre Information  $B1, B2, B3$  unsicher ist und daher zu dieser binären Information  $B1, B2, B3$  ein Fehlersignal erzeugt wird.

15

- Das Prinzip der Fehlerprüfung wird nur kurz erläutert. Die analogen Abtastsignale  $S1A$  und  $S1B$  des Codeelementes  $C1$  werden einer Fehlerprüfeinrichtung zugeführt. Die Fehlerprüfeinrichtung vergleicht  $S1A$  und  $S1B$  durch Differenzbildung ( $S1A - S1B$ ) und prüft, ob der Differenzbetrag einen vorgegebenen Vergleichswert übersteigt oder nicht übersteigt. Wenn der Differenzbetrag ( $S1A - S1B$ ) den vorgegebenen Vergleichswert nicht übersteigt, wird ein Fehlersignal ausgegeben.

- 25 Am Beispiel der Detektorelemente  $D1$  und  $D2$  ist in Figur 7 leicht erkennbar, dass bei einer Verschiebung des Codes 5 um die Länge eines Teilbereiches  $C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B$  nach links das Detektorelement  $D1$  den Teilbereich  $C1B$  und das Detektorelement  $D3$  den Teilbereich  $C2A$  abtastet, also Teilbereiche zweier Codeelemente  $C1, C2$ . Der Triggerbaustein  $T1$  kann somit keine einem Codeelement  $C1, C2, C3$  zugeordnete binäre Information  $B1, B2, B3$  liefern. Nachfolgend werden nun Maßnahmen erläutert, mit denen sichergestellt wird, dass zur Codewortzeugung die korrekten Detektorelemente  $D1$  bis  $D11$  verwendet werden, also die Detektorelemente  $D1$  bis  $D11$ , die jeweils die Teilbereiche eines einzigen Codeelementes  $C1, C2, C3$  abtasten.

Anhand der Figuren 8 und 9a bis 9d wird eine bevorzugte Maßnahme hierfür beschrieben. Wie bereits erläutert, ist parallel neben dem Code 5 die Inkrementalspur 6 angeordnet. Durch den Positionswert Z ist nun auf einfache Weise eine Unterscheidung des rechten und linken Teilbereiches C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B eines Codeelementes C1, C2, C3 möglich. Der Positionswert Z definiert die Reihenfolge der Teilbereiche C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B eindeutig und er dient als Steuersignal zur Festlegung der Detektorelemente D1 bis D11, aus denen ein korrektes Codewort CW erzeugbar ist. Das Steuersignal Z definiert also, welche Abtastsignale S miteinander verglichen werden und aus welchen Abtastsignalen S digitale Werte B1, B2, B3 für das Codewort CW gewonnen werden können.

Zur weiteren Erläuterung dieses Verfahrens sind in den Figuren 9a bis 9d vier verschiedene Positionen des Codes 5 gegenüber der Detektoranordnung 7.5 dargestellt. Die Detektorelemente D1 bis D11 sind in Messrichtung X in Abständen entsprechend der halben Länge eines Teilbereiches C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B angeordnet und jeweils zwei Detektorelemente D1 bis D11, die in einem gegenseitigen Abstand entsprechend der Länge eines Teilbereiches C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B angeordnet sind, sind in Differenz geschaltet.

In Figur 9a ist die erste Position dargestellt. Eine Steuereinheit M wählt in Abhängigkeit der Positionsinformation Z die Detektorelemente D4 und D6 aus. Das Bit B1 des Codeelementes C1 wird durch Differenzbildung der Detektorelemente D4 und D6, also  $(D4-D6)$  gebildet.

Bei der zweiten Position P2 gemäß Figur 9b wählt die Steuereinheit M die Detektorelemente D3 und D5 aus. Bei der dritten Position gemäß Figur 9c werden von der Steuereinheit M die Detektorelemente D2 und D4 zur Differenzbildung ausgewählt. Bei der vierten Position gemäß Figur 9d die Detektorelemente D1 und D3.

In gleicher Weise werden die korrekten Detektorelemente zur Bildung der weiteren Bits B2, B3 des Codewortes CW ermittelt. Wenn beispielsweise zur

Bildung des Bits B1 die Detektorelemente D1 und D3 ausgewählt worden sind, dienen zur Bildung des Bits B2 die Detektorelemente D5 und D7 sowie zur Bildung des Bits B3 die Detektorelemente D9 und D11, wie in Figur 7 dargestellt ist. Wobei in Figur 7 nur die in dieser Momentanstellung verwendeten Triggerbausteine T1, T2, T3 dargestellt sind.

Eine weitere Möglichkeit zur Ermittlung der korrekten Detektorelemente D1 bis D11 bzw. der korrekten analogen Abtastsignale S besteht darin, dass alle Detektorelemente D1 bis D11, die im Abstand der Länge eines Teilbereiches C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B voneinander beabstandet sind miteinander verglichen werden. Im Abstand eines Codeelementes C1, C2, C3 gibt es nun Detektorpaare D1, D3 und D5, D7 - am Beispiel der in Figur 9d dargestellten Momentanposition- die in gewünschter Weise jeweils die Differenz der Teilbereiche C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B eines Codeelementes C1, C2 abtasten. Die weiteren Detektorpaare D3, D5 tasten aufeinanderfolgende Teilbereiche zweier aufeinanderfolgender Codeelemente C1, C2 ab und erzeugen somit mit der vorher erläuterten Fehlerprüfung ein Fehlersignal F. Um nun die korrekten Detektorelemente D1 bis D11 zu ermitteln, wird die Detektorgruppe D1, D3; D5, D7 gesucht, bei der am wenigsten Fehlersignale auftreten. Im Detail ist bzw. sind zur Durchführung dieser zweiten möglichen Maßnahme folgende Anordnung bzw. folgende Verfahrensschritte erforderlich:

- Detektorelemente D1 bis D11 sind in Messrichtung X in Abständen entsprechend der halben Länge eines Teilbereiches C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B angeordnet;
- die Detektorelemente D1 bis D11 bilden eine erste Gruppe (in den Figuren 9a bis 9d geradzahlig nummerierte Detektorelemente D2, D4, D6, D8, D10) mit einem gegenseitigen Abstand entsprechend der Länge eines Teilbereiches C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B;
- die Detektorelemente D1 bis D11 bilden eine zweite Gruppe (in den Figuren 9a bis 9d ungeradzahlig nummerierte Detektorelemente D1, D3, D5, D7, D9) mit einem gegenseitigen Abstand entsprechend der Länge eines Teilbereiches C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B;



- die Detektorelemente D2, D4, D6, D8, D10 der ersten Gruppe sind gegenüber den Detektorelementen D1, D3, D5, D7, D9 der zweiten Gruppe um die halbe Länge eines Teilbereiches C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B versetzt angeordnet;
- 5    - unmittelbar aufeinanderfolgende Detektorelemente einer Gruppe sind jeweils in Differenz geschaltet;
- von den beiden Gruppen werden nun die Vergleichsergebnisse der Detektorelementenpaare in einem Raster entsprechend der Länge eines Codeelementes C1, C2, C3 zur Bildung des Codewortes CW
- 10    verwendet, dessen Folge am wenigsten Fehler F erzeugt, gemäß Figur 9d also die Folge (D1-D3)=B1, (D5-D7)=B2 usw.

Die beiden Teilbereiche C1A, C1B; C2A, C2B; C3A, C3B eines jeden Codeelementes C1, C2, C3 können optisch abtastbar ausgebildet sein, wobei

15    dann ein Teilbereich für das Abtastlicht transparent oder reflektierend und der andere Teilbereich opak oder nicht reflektierend ausgebildet ist.

Die Erfindung ist beim optischen Abtastprinzip besonders vorteilhaft einsetzbar. Die Erfindung ist aber nicht auf dieses Abtastprinzip beschränkt, sondern auch bei magnetischen, induktiven sowie kapazitiven Abtastprinzipien

20    einsetzbar.

Die Positionsmesseinrichtung kann zur Messung von linearen oder rotatorischen Bewegungen eingesetzt werden. Die zu messenden Objekte können

25    dabei der Tisch und der Schlitten einer Werkzeugmaschine, einer Koordinatenmessmaschine oder der Rotor und der Stator eines Elektromotors sein.

Patentansprüche

=====

1. Positionsmesseinrichtung mit

- einer periodischen Inkrementalteilung (6) mit mehreren Teilungsperioden (P1 - P8) innerhalb eines Messbereichs (C1, C2, C3);
- 5 - einer innerhalb des Messbereichs (C1, C2, C3) angeordneten und in die Inkrementalteilung (6) integrierten Referenzmarkierung (R);
- einer Anordnung (7.6) von Detektorelementen (A, B, C, D) über zumindest die Länge des Messbereichs (C1, C2, C3) zum Erzeugen mehrerer periodischer Abtastsignale (A1 bis D8) von denen zumindest eines durch die Referenzmarkierung (R) lokal modifiziert ist;
- 10 - einer Auswerteeinrichtung (8) zum Empfang der Abtastsignale (A1 bis D8) und zum Detektieren des zumindest einen durch die Referenzmarkierung (R) modifizierten Abtastsignals (A1, B1) aus den Abtastsignalen (A1 bis D8) sowie zum Bestimmen einer absoluten Position (Z) der Referenzmarkierung (R) innerhalb der Länge des Messbereichs (C1, C2, C3) abhängig vom detektierten Abtastsignal (A1, B1).
- 15

2. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 1, wobei

- 20 - innerhalb des Messbereichs (C1, C2, C3) N Teilungsperioden (P1 bis P8) angeordnet sind, mit  $N > 1$  und ganzzahlig;
- die Anordnung (7.6) der Detektorelemente (A, B, C, D) über die Länge des Messbereichs (C1, C2, C3) N Gruppen (1 bis 8) bildet und sich jede Gruppe (1 bis 8) der Detektorelemente (A, B, C, D)
- 25 über die Länge einer Teilungsperiode (P1 bis P8) erstreckt;

- innerhalb jeder Gruppe (1 bis 8) mehrere um einen Bruchteil einer Teilungsperiode (P1 bis P8) voneinander beabstandete Detektorelemente (A, B, C, D) angeordnet sind um innerhalb einer Gruppe (1 bis 8) mehrere gegeneinander phasenverschobene periodische Abtastsignale (A1, B1, C1, D1 bis A8, B8, C8, D8) zu erzeugen.  
5
- 3. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 2, wobei gleichphasige Abtastsignale (A1 bis A8; B1 bis B8; C1 bis C8; D1 bis D8) aller Gruppen (1 bis 8) jeweils zu einem gemeinsamen Summensignal (PA, PB, PC, PD) aufaddiert sind.  
10
- 4. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 3, wobei die Summensignale (PA, PB, PC, PD) einer Interpolationseinheit (9) zur Bestimmung einer absoluten Position (Q) innerhalb einer Teilungsperiode (P1 bis P8) zugeführt sind.  
15
- 5. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 2, wobei gleichphasige Abtastsignale (A1 bis A8; B1 bis B8; C1 bis C8; D1 bis D8) der N Gruppen der Auswerteeinheit (8) zugeführt werden, welche jeweils die gleichphasigen Abtastsignale (A1 bis A8; B1 bis B8; C1 bis C8; D1 bis D8) miteinander vergleicht und aus dem Vergleichsergebnis ein Abtastsignal (A1, B1) der Gruppe (1 bis 8) bestimmt, das durch die Referenzmarkierung (R) modifiziert ist, wobei diese Gruppe (1 bis 8) die Position (Z) der Referenzmarkierung (R) innerhalb der Länge des Messbereichs (C1, C2, C3) bestimmt.  
20  
25
- 6. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 5, wobei die Referenzmarkierung (R) eine Störung der Periodizität an einem Ort innerhalb einer Teilungsperiode (P1) der Inkrementalteilung (6) ist und abhängig von dem Ort der Störung innerhalb dieser Teilungsperiode (P1) bestimmte gleichphasige Abtastsignale (A1 bis A8; B1 bis B8) von Detektorelementen (A, B, C, D) der N Gruppen (1 bis 8) miteinander verglichen werden, die diesen Ort innerhalb jeder der N Teilungsperioden (P1 bis P8) abtasten.  
30

7. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 4 und 6, wobei die miteinander zu vergleichen Abtastsignale (A1 bis D8) zur Bestimmung der Position (Z) durch die mittels der Interpolationseinheit (9) gebildeten absoluten Position (Q) bestimmt sind.
- 5
8. Positionsmesseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Referenzmarkierung (R) eine Veränderung eines Zwischenraums einer Folge von gleichbeabstandeten Markierungen ist, welche die Inkrementalteilung (6) bildet.
- 10
9. Positionsmesseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Länge der Detektoranordnung (7.6) ein ganzzahlig Vielfaches des Abstandes zweier aufeinanderfolgender Referenzmarkierungen (R) ist.
- 15
10. Positionsmesseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei parallel neben der Inkrementalteilung (6) eine absolute Codierung (5) zur absoluten Positionsmessung in Messschritten entsprechend der Länge eines Messbereichs (C1, C2, C3) angeordnet ist.
- 20
11. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 10, wobei die absolute Codierung (5) ein einspuriger sequentieller Code mit aufeinanderfolgenden Codeelementen (C1, C2, C3) ist.
- 25
12. Verfahren zur Positionsmessung mit folgenden Verfahrensschritten
- Abtasten mehrerer Teilungsperioden (P1 bis P8) einer Inkrementalteilung (6) mittels einer über die Länge eines Messbereichs (C1, C2, C3) sich erstreckende Detektoranordnung (7.6), wobei in eine der Teilungsperioden (P1) eine Referenzmarkierung (R) integriert
- 30
- ist und Erzeugen mehrerer periodischer Abtastsignale (A1 bis D8) von denen zumindest eines durch die Referenzmarkierung (R) lokal modifiziert ist;

- Detektieren des zumindest einen durch die Referenzmarkierung (R) modifizierten Abtastsignals (A1, B1) aus den Abtastsignalen (A1 bis D8) und
- Bestimmen einer absoluten Position (Z) der Referenzmarkierung (R) innerhalb der Länge des Messbereichs (C1, C2, C3) abhängig vom detektierten Abtastsignal (A1, B1).

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei durch das Abtasten mehrerer Teilungsperioden (P1 bis P8) der Inkrementalteilung (6) innerhalb jeder Teilungsperiode (P1 bis P8) des Messbereichs (C1, C2, C3) mehrere gegeneinander phasenverschobene Abtastsignale (A1 bis D8) erzeugt werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei jeweils gleichphasige Abtastsignale (A1 bis A8; B1 bis B8; C1 bis C8; D1 bis D8) aller Teilungsperioden (P1 bis P8) zu einem gemeinsamen Summensignal (PA, PB, PC, PD) aufaddiert werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Summensignale (PA, PB, PC, PD) einer Interpolationseinheit (9) zugeführt werden und eine absolute Position (Q) innerhalb einer Teilungsperiode (P1 bis P8) ermittelt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 13, wobei jeweils gleichphasige Abtastsignale (A1 bis A8; B1 bis B8; C1 bis C8; D1 bis D8) aller Teilungsperioden (P1 bis P8) miteinander verglichen werden und aus dem Vergleich das Abtastsignal (A1, B1) bestimmt wird, dessen Amplitude durch die Referenzmarkierung (R) modifiziert ist.

17. Verfahren nach Anspruch 15 und 16, wobei durch die absolute Position (Q) innerhalb einer Teilungsperiode (P1 bis P8) die zu vergleichenden Abtastsignale (A1 bis A8; B1 bis B8) innerhalb einer Teilungsperiode (P1 bis P8) zur Bildung der Position (Z) bestimmt werden.

FIG. 1

1/9

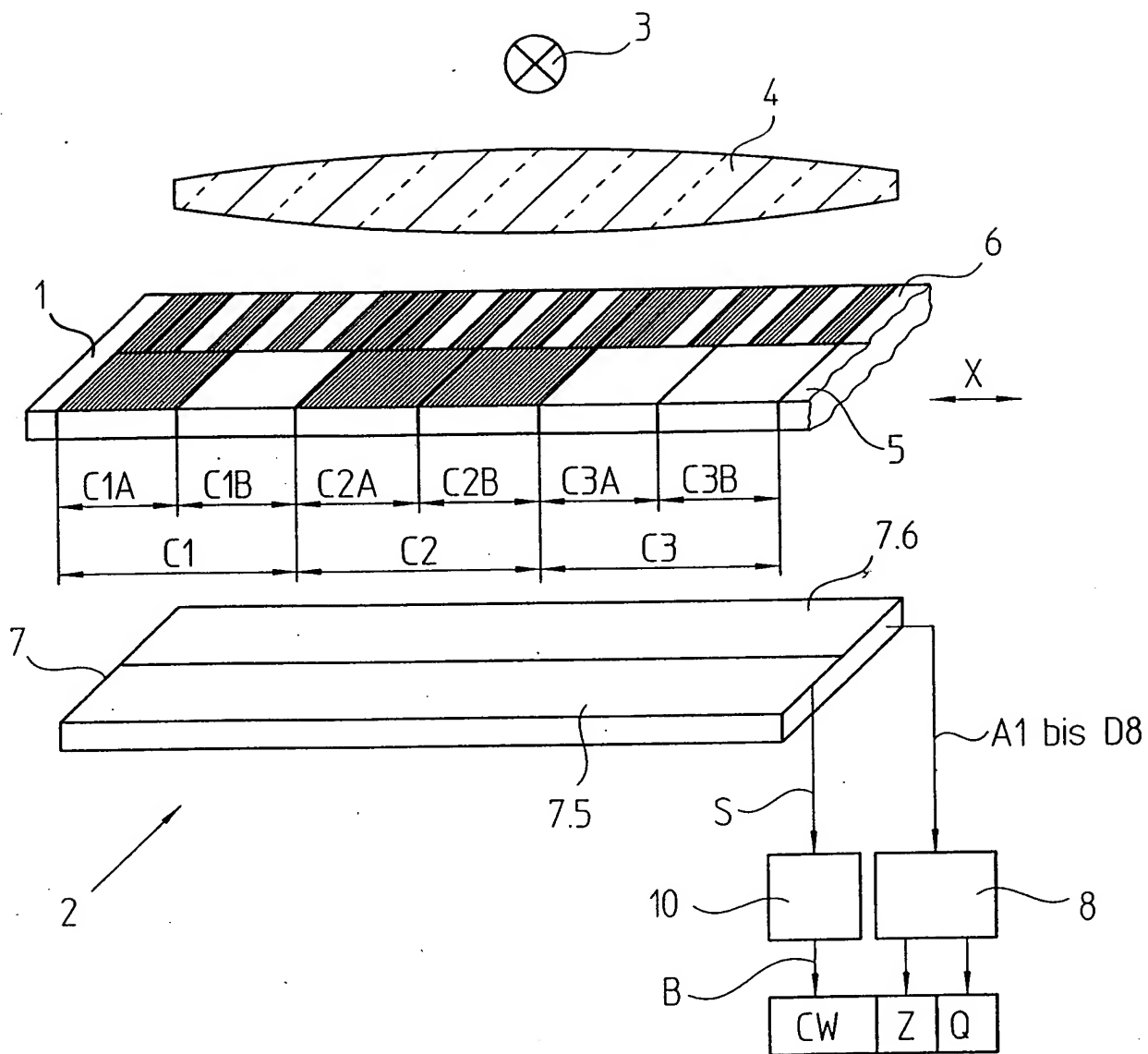


FIG. 2

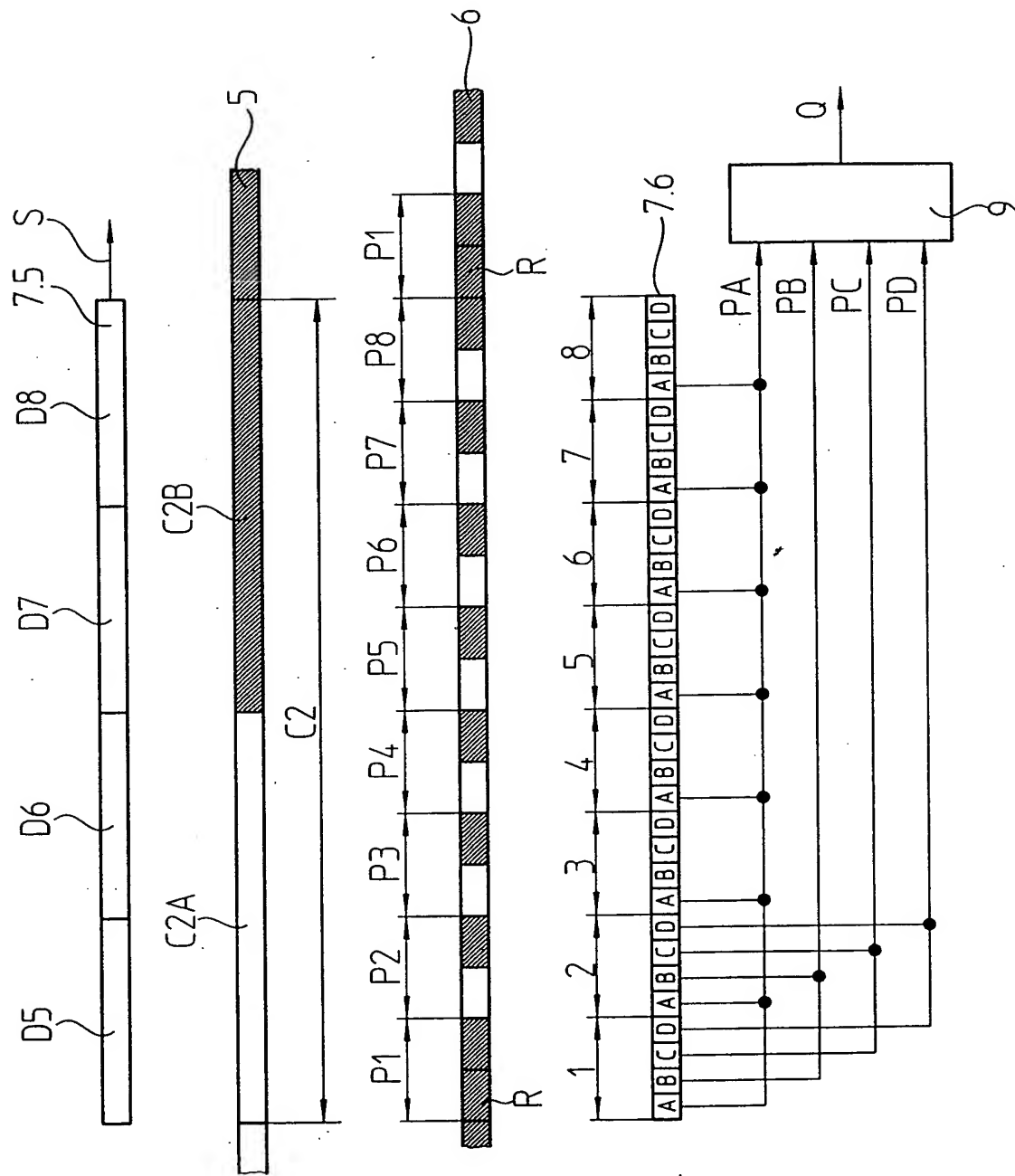


FIG. 3

3/9

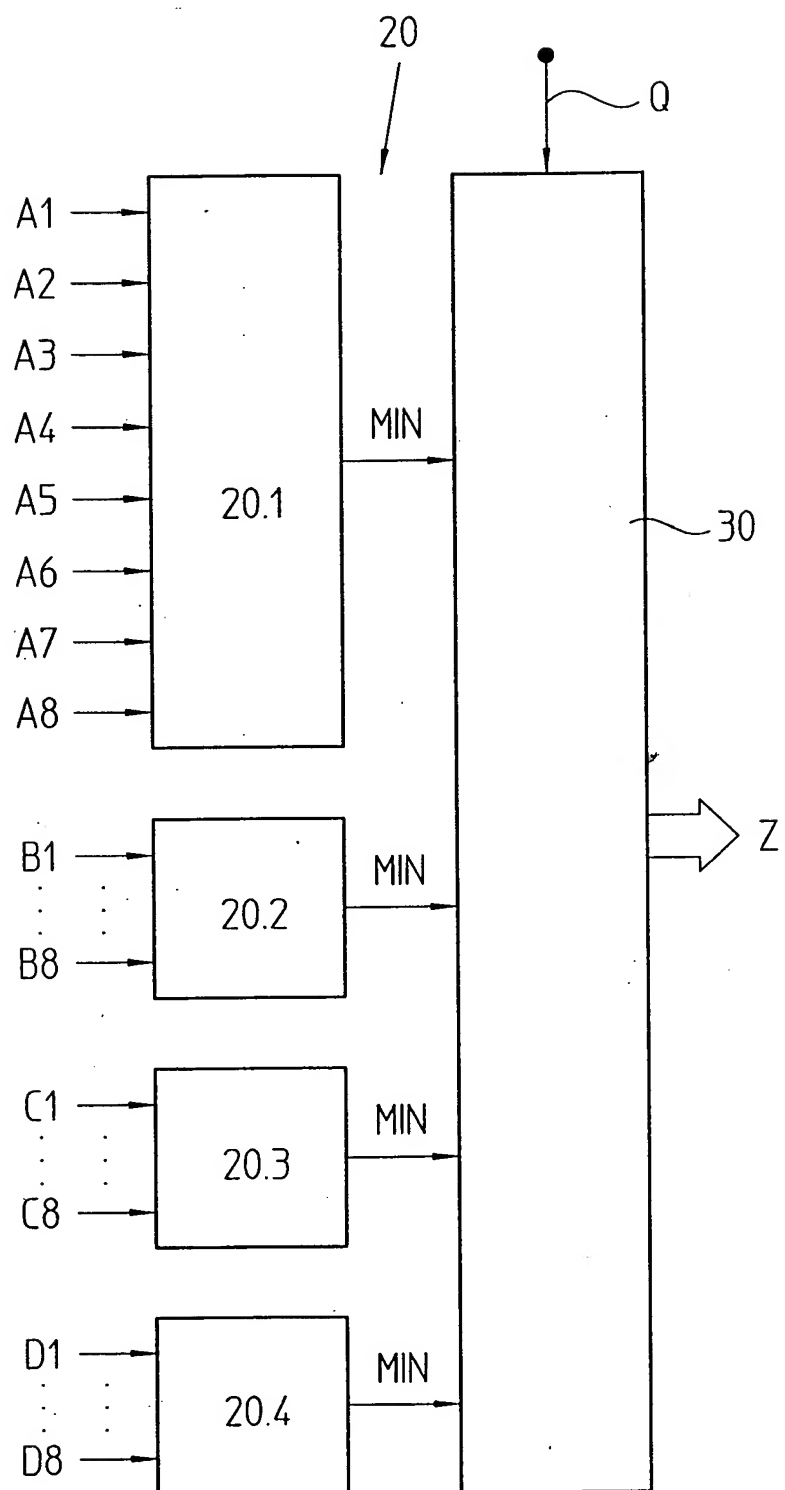




FIG. 4a

4/9

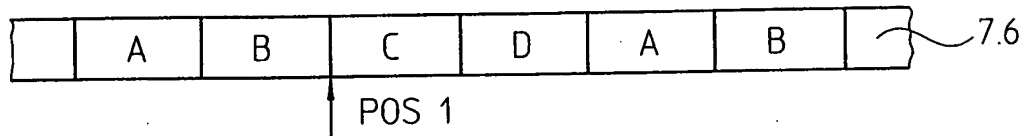
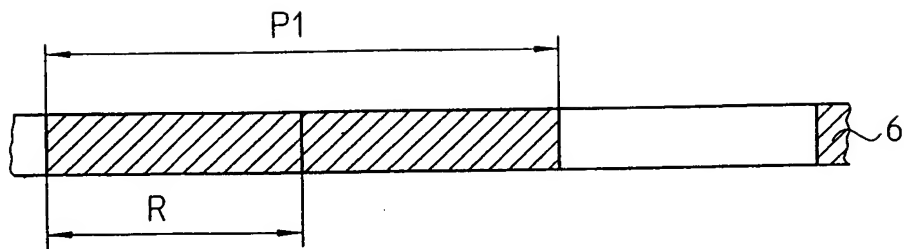


FIG. 4b

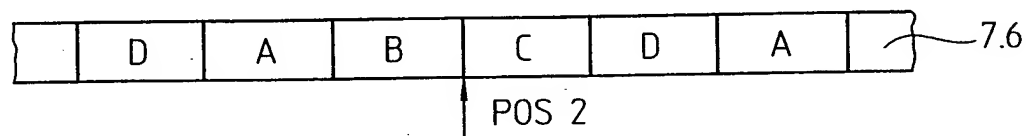


FIG. 4c

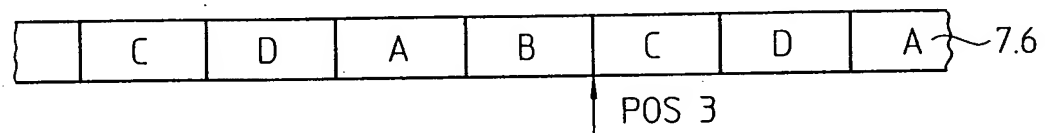


FIG. 4d

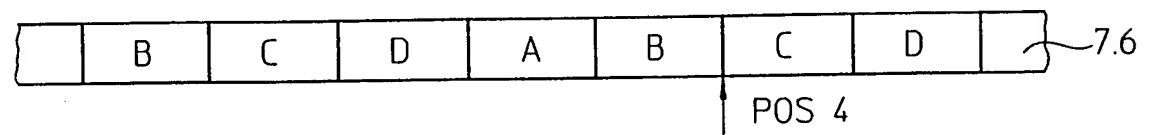


FIG. 5

	POS1	POS2	POS3	POS4
A	X	X	-	-
B	X	-	-	X
C	-	-	X	X
D	-	X	X	-

FIG. 6

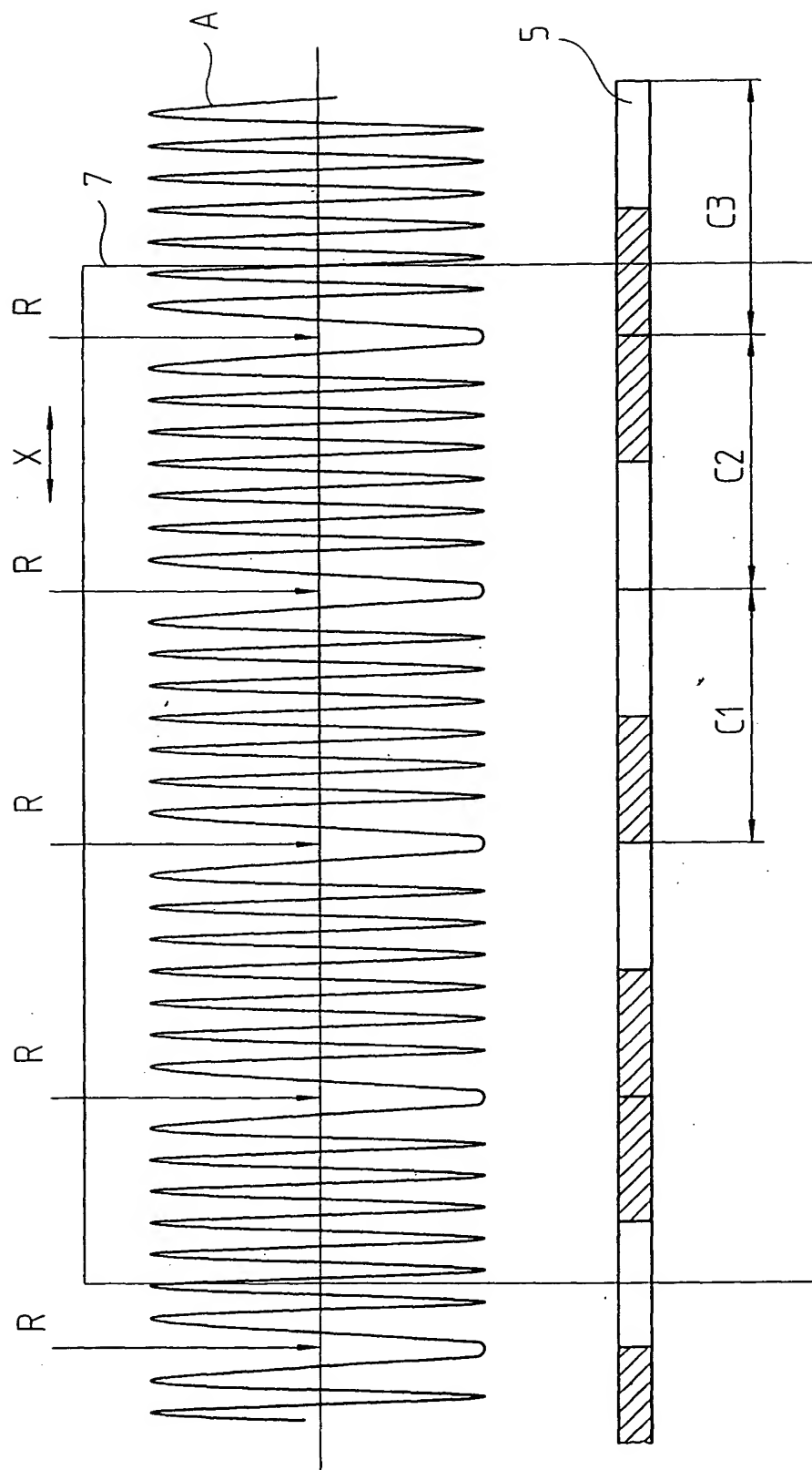


FIG. 7

6/9

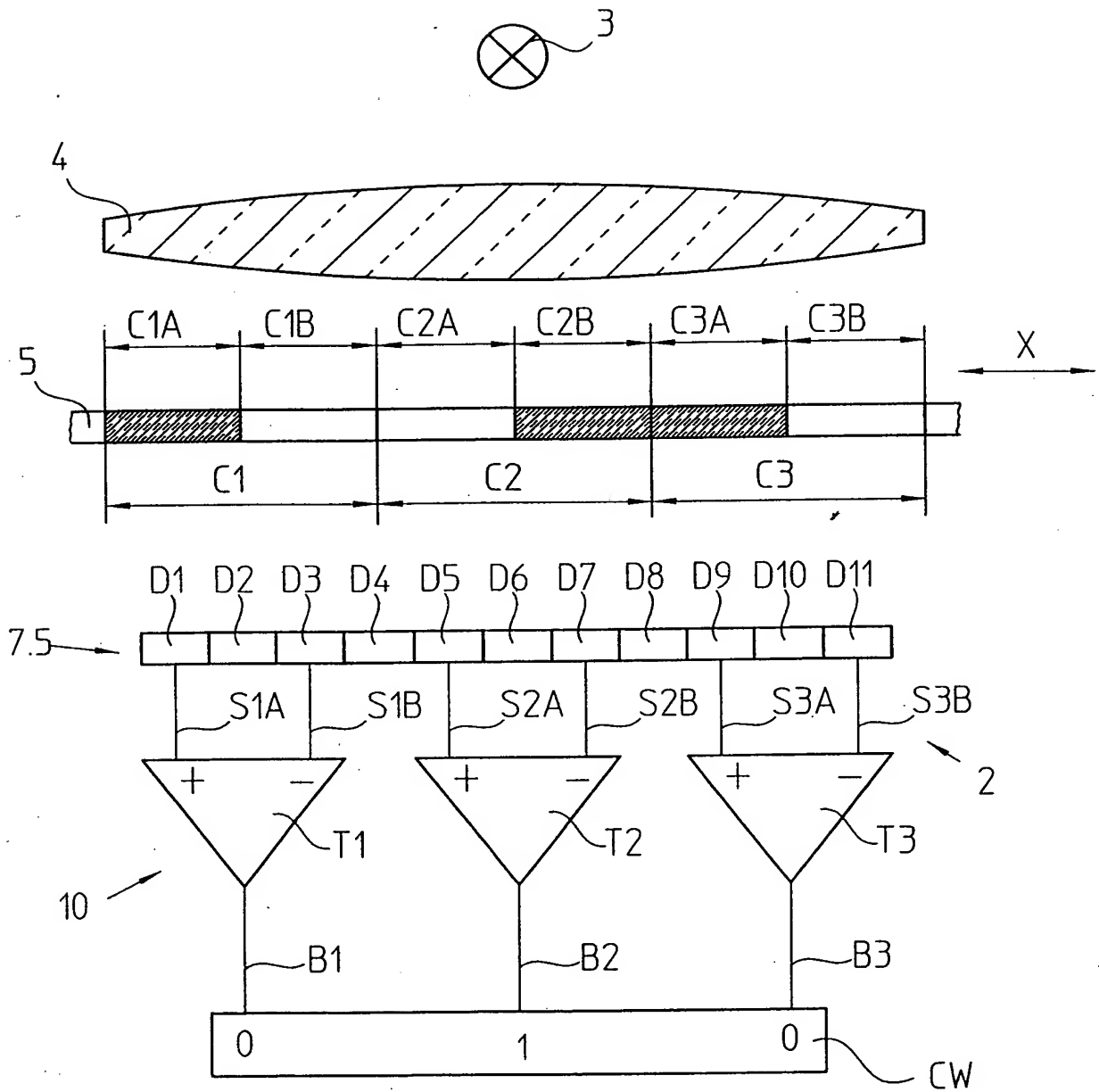


FIG. 8

7/9

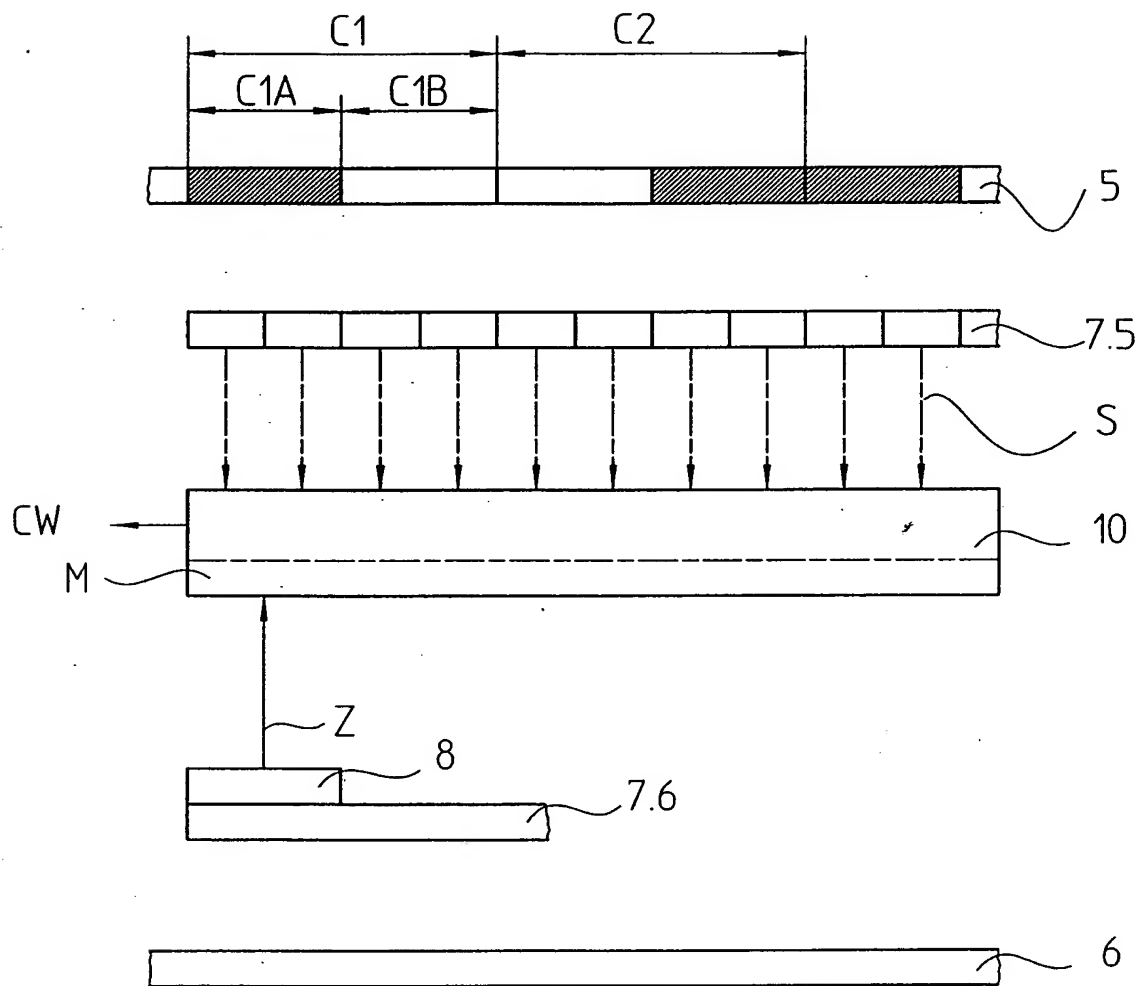


FIG. 9a

8/9

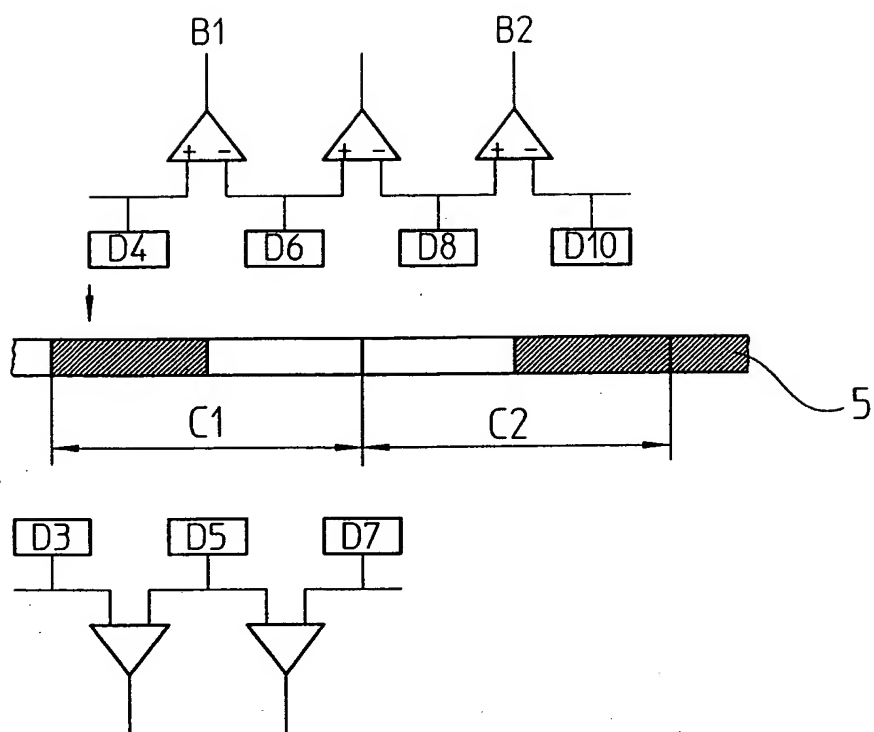


FIG. 9b

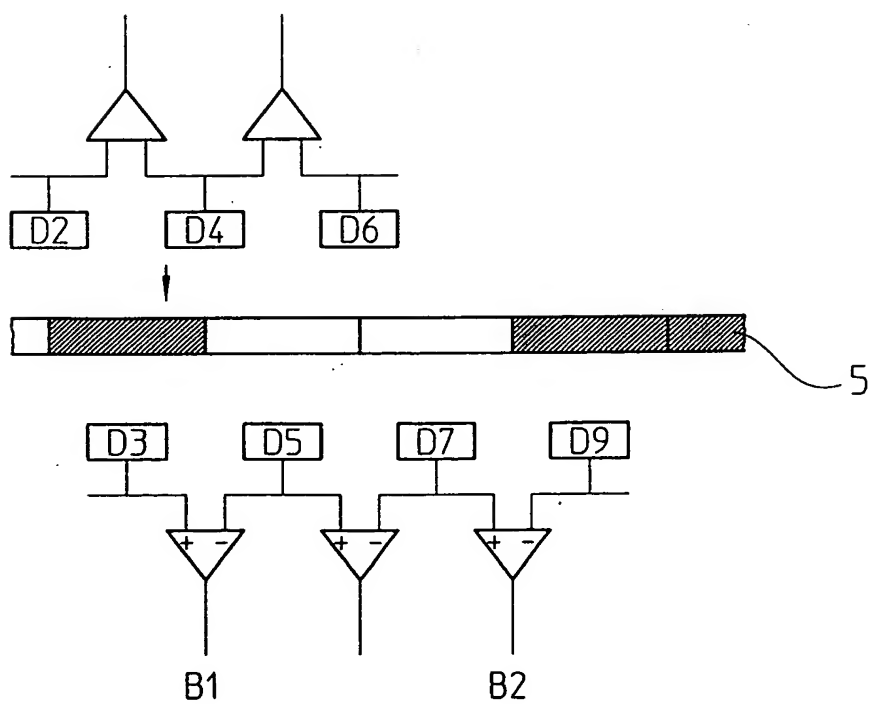


FIG. 9c

9/9

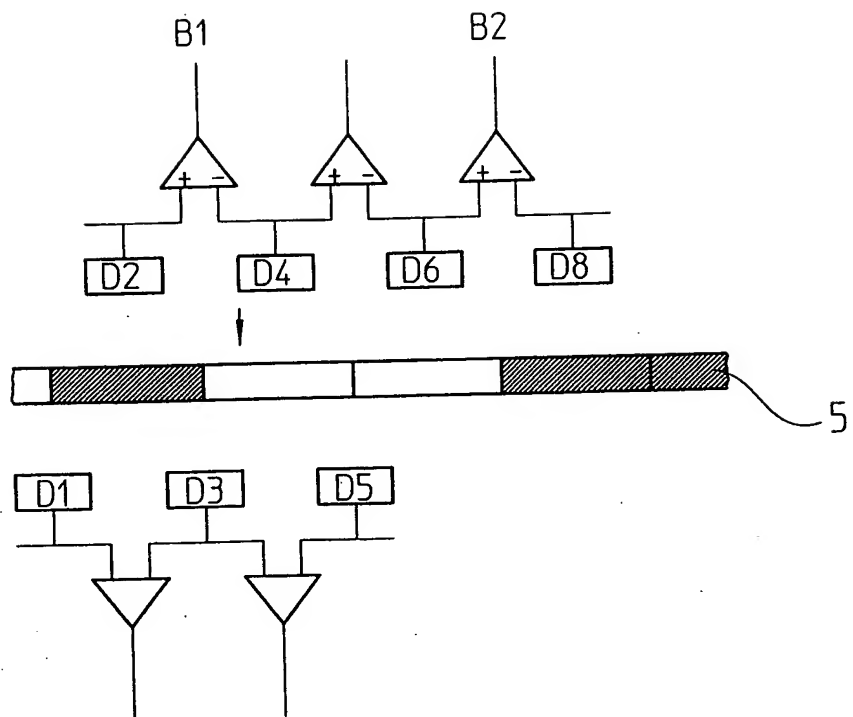


FIG. 9d

